

Zöldy Máté:

Effects of vegetable based renewable fuels on the diesel oil's viscosity and burning abilities

The application of the renewable fuels is coming forwards with the increasing of oil prices. One method of the application could be to mix the renewable and coil based fuels. It could have the benefits that no or minimal changes on the engines will be needed and the measure of the renewable part could be produced with the available production capacity.

It were investigated the bioethanol – biodiesel – diesel oil mixtures with different composition during my researches.

As conclusion of the research it could be established that the use of bioethanol – biodiesel – diesel oil mixtures in the aspect of viscosity fulfill the specifications of the diesel oil. It means that they could be able to burned in internal combustion pressure ignition engines in the consideration of viscosity.

## **Növényi alapanyagú megújuló tüzelőanyagok adagolásának hatása a gázolaj viszkozitására és az égésfolyamatra**

Az olajárak emelkedésével egyre inkább előtérbe kerülnek a megújuló tüzelőanyagok a gépjármű- és az energiaiparban is. Az Európai Unió Altener programja támogatva ezt, 2010-re 5,75%-os megújuló energia részarányt szeretne elérni a motorhajtóanyagok területén. A megújuló motorhajtóanyagok egyik nagy csoportját a növényi alapanyagokból előállított tüzelőanyagok jelentik. Ezek a tüzelőanyagok felhasználhatóak tisztán vagy a hagyományos motorhajtóanyagokkal keverve. Utóbbi megoldásnak előnye, hogy a keverék tulajdonságai hasonlóak lesznek a konvencionális tüzelőanyagokéhoz, így a mai motorokban minimális változtatásokkal felhasználhatók. Alkalmazásuk másik fontos szempontja, hogy a keveréshez kisebb mennyiség szükséges a megújuló motorhajtóanyagokból, s ez a mennyiség a ma rendelkezésre álló gyártókapacitással előállítható.

A mezőgazdasági bázisú motorhajtóanyagok alkalmazása az agráriumban több szempontból is előnyös lehet. Egyrészt megoldást jelenthet a mezőgazdasági termékfelesleg, az el nem adható termények, a melléktermények és az emberi fogyasztásra nem alkalmas termények feldolgozására és hasznosítására, másrészt pedig a mezőgazdasági felhasználása lehetővé teszi a kőolajtól való kisebb-nagyobb mértékű függetlenedést.

A mezőgazdasági munkahelyteremtésben is fontos szerep lehet a növényi eredetű hajtóanyagoknak. Az Európai Unió Közös Agrárpolitikája sarokszámai alapján Magyarországon 1% mezőgazdasági eredetű motorhajtóanyag 35000 – 50000 embernek adna munkát a mezőgazdaságban.

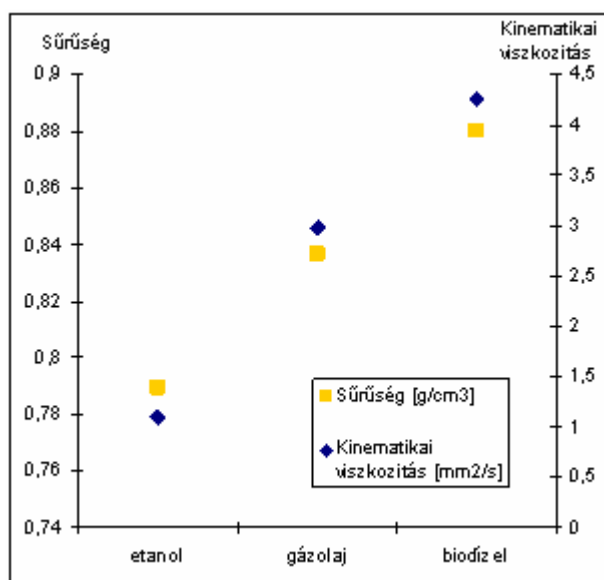
Kutatásaim során bioetanol – biodízel – gázolaj keverékek viszkozitását vizsgáltam meg különböző keverék-összetételek mellett.

## **Kinematikai viszkozitás és az égésfolyamat**

A tüzelőanyagok egyik fontos tulajdonsága a viszkozitás. Ez az arányossági tényező, amely a belső folyadékrétegek egymáshoz viszonyított elcsúszása során fellépő súrlódást jellemzi. Megkülönböztetünk dinamikai és kinematikai viszkozitást. A dinamikai viszkozitás a folyadék áramlási ellenállásának mértéke, mértékegysége a Pa·s (Pascal-secundum). Mivel ez

az érték túl nagy, a gyakorlatban legtöbbször az ezredrészét a mPa.s-t használják. A desztillált víz dinamikai viszkozitása 20,2°C-on 1 mPa.s. A kinematikai viszkozitás a dinamikai viszkozitásnak és az ugyanazon a hőmérsékleten mért folyadéksűrűségnek a hányadosa. Mértékegysége a  $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , a kőolajtermékek viszkozitását általában  $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ -ben adják meg.

Kapilláris viszkoziméterekkel egyszerűen meghatározható, ezért általában a kinematikai viszkozitással jellemzik a kőolajtermékeket. A folyadékok viszkozitása a hőmérséklet emelésével csökken a nyomás növelésével viszont nő.



1. diagram. Kinematikai viszkozitás és a sűrűség kapcsolata<sup>1</sup>

A tüzelőanyagok viszkozitásának szerepe a tüzelőanyag befecskendezésénél a befecskendezési kép kialakításában jelentős. Nagyobb kinematikai viszkozitású anyagoknak a sűrűsége is nagyobb [1. diagram].

A nagyobb tüzelőanyag sűrűség pedig állandó befecskendezési mennyiség mellett indikált középnyomás csökkenést, a fajlagos fogyasztás és a füstölés növekedését okozza [1].

A viszkozitásnak hatása van a tüzelőanyag átfolyási idejére is a tüzelőanyag-rendszeren.

## Mérések bemutatása

A gázolaj a kompresszió-gyújtású motorok legelterjedtebb hajtóanyaga. A kilencvenes évek közepétől dinamikus emelkedik dízel üzemű gépkocsik részaránya a személygépjárművek között is, köszönhetően a technikai újdonságok által elért kedvező menetteljesítményeknek és az ezzel párosuló alacsonyabb fogyasztásnak. A fejlett nyugat-európai államokban a gázolajjal üzemelő autók aránya az újonnan forgalomba állított járművek között meghaladja az 50%-ot.

Biodízelt, vagy repceolaj-metilésztert (RME-t) motorhajtóanyagként Németországban és Ausztriában használnak. Jellemzője, hogy kenési tulajdonságai jobbak, mint a gázolajé, fűtőértéke viszont a gázolaj fűtőértékének csak 90%-a. Növényi olajokból állítják elő, leginkább repceből, napraforgómagból préseléssel, majd észterezéssel. Zárt széndioxid ciklusa miatt kibocsátásai nem növelik az üvegházhatást. Cetánszáma eléri, sőt meghaladja a gázolaj

<sup>1</sup> Gázolajnál és biodízelnél a tartomány átlagértéke került ábrázolásra, az adatok a következő szabványokból származnak: etanol: [MSZ-EN-/B22-87]; gázolaj: [MSZ EN 590:2004]; biodízel: [MSZ/T 2056]

cetánszámát. Viskozitása kétszerese a gázolaj viszkozitásának 40 °C-on. Tulajdonságait összegzi a 1. táblázat.

1. Táblázat MSZ/T 2056 szabvány biodízel

MSZ/T 2056			
jellemző	Mértékegység	Követelmények	
		legalább	legfeljebb
Észter tartalom	% (m/m)	96,5	-
Sűrűség 15 °C -on	g/cm <sup>3</sup>	0,86	0,9
Kinematikai viszkozitás 40°C-on	mm <sup>2</sup> /s	3,5	5
Lobbanáspont Pensky-Martens szerint	°C	110	-
Kéntartalom	% (m/m)	-	0,001
Kokszosodási maradék (10 %-os lepárlási maradékból)	% (m/m)	-	0,3
Cetánszám	-	51	-
Hamutartalom (szulfát)	% (m/m)	-	0,02
Víztartalom	% (m/m)	-	0,05
Összes szennyeződés	mg/kg	-	24
Rézlemez korrózió (3 óra, 50 °C)	fokozat	-	1

A bioetanolt növényi alapanyagok fermentációjával és cukrosításával állítják elő, nyersanyagbázisa igen széles. Motorhajtóanyagként Braziliában, adalékként az USA-ban, oktánszámnövelőként Franciaországban alkalmazzák más országok mellett. Kenési tulajdonságai alatta maradnak a gázolaj kenési tulajdonságainak, fűtőértéke a gázolaj fűtőértékének 65%-a. A bioetanol CO<sub>2</sub> ciklusa is zárt, így a szén-dioxid emissziója nem terheli a környezetet, NO<sub>x</sub> emissziója - nagyobb párolgáshője miatt - jelentősen kisebb, mint a gázolajé, s a részecske emissziója pedig jelentéktelen. Viskozitása a gázolaj viszkozitásának fele 40 °C-on [2].

Mérések kezdetekor azt feltételeztem, hogy a biodízel emulgeátorként viselkedik a bioetanolal, s segít azt keverékben tartani. Mindezek mellett a nagyobb viszkozitása segít megemelni az etanol tartalom miatt csökkent viszkozitást.

A viszkozitás mérését az MSZ EN ISO3104:1996-os szabvány szabályozza.

## A mérés elmélete

A méréseket Oswald-féle viszkoziméteren végeztem el. Ennek mérési elmélete a következő:

Az Oswald-féle viszkoziméter U alakú üvegcső, rajta két gömbbel. Az U cső egyik szárában  $l$  hosszúságú és  $r$  belső sugarú kapilláris van. Ha ezen a kapillárison  $p$  nyomáskülönbség hatására  $t$  ideig belső sűrűségű folyadék halad lamináris áramlással, akkor az átfolyt folyadék térfogata a Hagen-Poiseuille törvény értelmében:

$$V = \frac{\Delta p r^4 \pi}{8 \eta t} \quad (1)$$

A mérés abból áll, hogy a készülékbe töltött folyadékot a kapilláris szár  $V$  térfogatú gömbjébe szívjuk az a jel fölé és mérjük azt a  $t$  időt, amely alatt a meniszkusz az a jeltől a b jelig sülyed. A készüléken először átfolyatjuk az a és b jel közé eső  $V$  térfogatú ismert  $\eta_i$  folyadékot,

és mérjük az átfolyási időt ( $t_i$ ). Utána az ismeretlen  $\eta_x$  folyadékból folytatjuk át a két jel közé eső térfogatot és mérjük az átfolyási időt ( $t_x$ ).

$$\eta_x = \eta_i \frac{\rho_x t_x}{\rho_i t_i} \quad (2)$$

Ebben az összefüggésben a készülék állandói nem szerepelnek. Ismert folyadékként desztillált vizet használunk, amelynek belső sűrűdési együtthatóját különböző hőmérsékleten táblázat tartalmazza.

A folyadék sűrűségét areométerrel mérjük. Az Oswald viszkoziméterrel való mérésnél az egyik hibaforrás az, hogy a folyadék nemcsak a kapillárisban, hanem a gömbökben, valamint az alsó gömböt és a kapillárist összekötő csőben is folyik, tehát itt is van belső sűrűdés. A relatív mérésnél ez a hiba nem zavar, mivel a két mérést ugyanazon készülékkel végezzük, tehát az ebből keletkező hiba az összehasonlításnál elhanyagolható.

A másik hibaforrás, hogy az időmérést nem pontosan az a jelnél való áthaladás pillanatában kezdjük el, és nem pontosan a b jelnél való áthaladás pillanatában fejezzük be. Ez az időmérés pontatlanságából eredő szubjektív hiba az ismert és az ismeretlen folyadék mérésénél egyaránt jelentkezik.

Az időmérés pontatlanságából eredő hibát a következőképpen számoljuk ki. Minden mérést legalább háromszor végzünk el és kiszámítjuk a méréshez tartozó átlagot:

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n}{n} \quad (3)$$

képlet alapján

Az időmérés hibája:

$$\Delta t^2 = \frac{(\bar{t} - t_1)^2 + (\bar{t} - t_2)^2 + \dots + (\bar{t} - t_n)^2}{n(n-1)} \quad (4)$$

Ismerve a  $t$  és  $\Delta t$  értékét az  $\eta_x$  hibája:

$$\Delta \eta_x = \frac{\partial \eta_x}{\partial t_i} \Delta t_i + \frac{\partial \eta_x}{\partial t_x} \Delta t_x \quad (5)$$

$$\frac{\Delta \eta_x}{\eta_x}$$

ahol  $\eta_x$  a  $t$  átlaggal számolt érték. A relatív hiba  $\frac{\Delta \eta_x}{\eta_x}$  százalékosan is kifejezhető.

A mérés során a vizsgált tüzelőanyagokat kapillárisokba helyeztem el. A kapillárisok egy fűthető olajtérben kerültek elhelyezésre. Mindegyik kapilláris kalibrálva volt. Minden tüzelőanyaggal minden pontban legalább 5 mérést végeztem el. Egy hőmérsékleten elvégeztem a méréseket, majd változtattam a hőmérsékleten. A vizsgált hőmérsékletek sorrendben a következők voltak: 30°C, 40°C, 60°C, 80°C és 100 °C.

Az 2. táblázat mutatja a mérési eredményeket táblázatos formában.

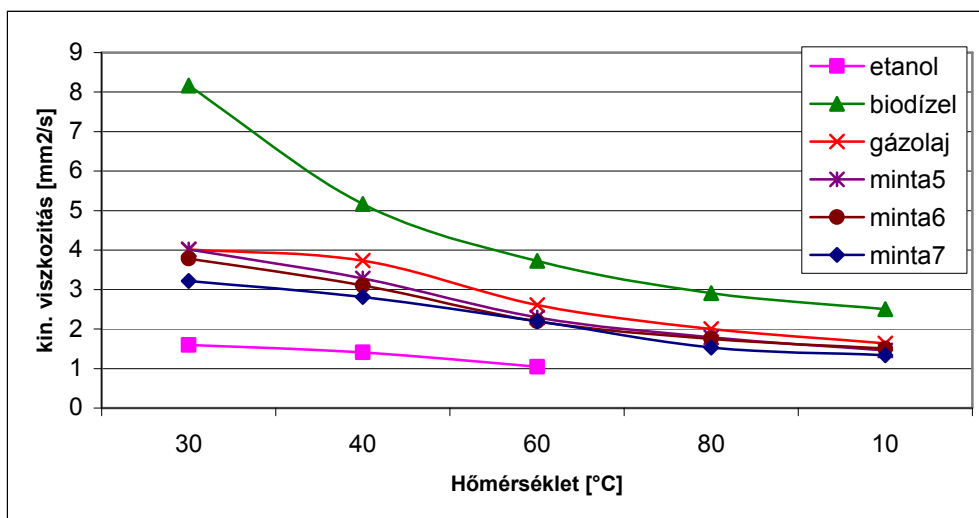
2. Táblázat Mért kinematikus viszkozitási értékek

Hőmérséklet [°C]		30	40	60	80	100
Mért anyag						
<b>Etanol</b>	<b>[mm<sup>2</sup>/s]</b>	1,59	1,41	1,04	-	-
<b>biodízel</b>	<b>[mm<sup>2</sup>/s]</b>	8,16	5,17	3,73	2,91	2,51
<b>gázolaj</b>	<b>[mm<sup>2</sup>/s]</b>	4,02	3,74	2,61	2,00	1,63
<b>minta5</b>	<b>[mm<sup>2</sup>/s]</b>	4,02	3,28	2,29	1,79	1,46
<b>minta6</b>	<b>[mm<sup>2</sup>/s]</b>	3,78	3,10	2,20	1,75	1,50
<b>minta7</b>	<b>[mm<sup>2</sup>/s]</b>	3,22	2,81	2,20	1,53	1,33

A mérés során hat tüzelőanyagot vizsgáltunk meg: bioetanol, biodízelt és a gázolajt, illetve ennek a háromnak különböző összetételű keverékét (minta5, minta6 és minta7). A biodízel részaránya a mintákban 2,5 és 7,5% között változott, az etanolé 2,5 és 5% között.

## Értékelés

A 2. diagramon ábrázoltam a mérési eredményeket. A diagramon jól látható, hogy etanollal csak az alacsonyabb hőmérsékletű három pontban végeztünk méréseket. Ennek oka, hogy mint az előre várható volt ismerve az etanol forráspontját - 74 °C körül az etanol elkezdett forni. Ekkor az etanol tartalmú kapillárisal nem folytattuk a mérést, azt az olajfürdőből eltávolítottuk.



2. diagram. Mérési eredmények

A keverékek viszkozitása jól közelíti a mérések alapján a gázolaj viszkozitását, vagyis a biodízel magasabb viszkozitása kompenzálja a bioetanol alacsonyabb viszkozitását.

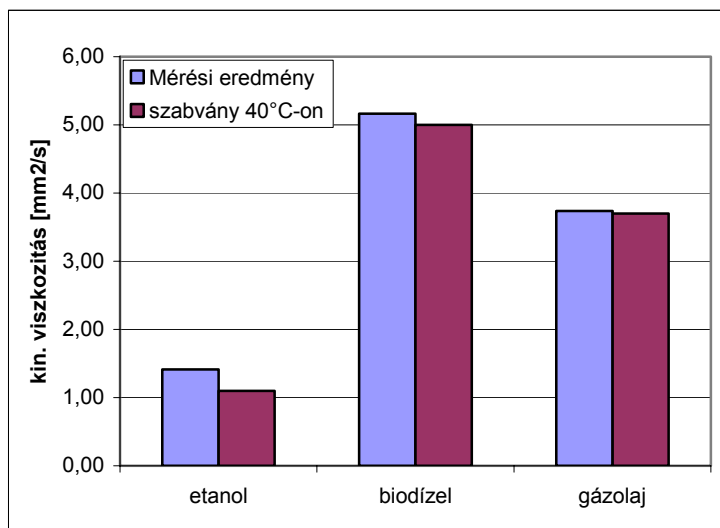
A mérés során a hőmérséklet emelkedésével a tüzelőanyagok viszkozitása csökkent. Ez a szakirodalom alapján előre várható volt [3]. A biodízel viszkozitása csökkent leginkább. A mérések alapján a biodízel viszkozitása és hőmérséklete közötti összefüggést az alábbi (6) egyenlettel közelíthetjük:

$$\eta_{\text{biodízel}} = -3,5746 \ln(T) + 7,9175 \quad (6)$$

A keverékek úgy lettek kiválasztva, hogy szobahőmérsékleten egyik sem vált szét, viszont volt, ami zavaros maradt. Ezeknél megfigyelhető volt, hogy a hőmérséklet növelésekor a komponensek jobban keveredtek, s a korábban zavaros keverék kitisztult. Ez annak a további

vizsgálatát veti fel, hogy a tüzelőanyag hőmérséklet növelése milyen hatást gyakorol a motor üzemére. Összességében nem feltétlen előnyös a tüzelőanyag-keverék hőmérsékletének növelése, mert az csökkenti a hőelvonási képességet, ami a NO<sub>x</sub> emisszió emelkedéséhez vagy kevésbé csökkenéséhez járulhat hozzá. Ennek további vizsgálata szükséges motorfékpadon.

A három bázis tüzelőanyag mérési eredményeit a szabványban előírtakhoz hasonlítja a 2. diagram.



**3. diagram. Mért értékek és a szabványban előírtak összevetése**

A 3. diagramon látható, hogy ha kis mértékben is, de mindhárom esetben meghaladták a mért értékek a szabványban előírt maximális értéket. Ennek mértéke az etanolnál 28%, a biodízelnél 3% a gázolajnál pedig 1% alatt marad. Az eltérés elsődleges oka a mérési pontatlanságokban keresendő. Az etanolnál tapasztalható nagyobb eltérés arra vezethető vissza, hogy a másik két tüzelőanyagnál a szabvány felső határértékével történt az összevetés, az etanolnál nem egy sáv, hanem egy érték szerepel a szabványban.

A keverékek 40°C-on a gázolaj szabványában megadott 2,15-3,7-es viszkozitás értékek közé estek.

A keverékekkel elvégzett mérések előtt számításokat végeztem, a keverékek várható viszkozitásának a megbecslésére.

A számítások során többféle közelítést dolgoztam ki. Ezek közül az alábbi súlyozott megközelítés az, amelyik már kielégítő eredményt hozott. Ennek során a várható értékeket a következő tapasztalati képlettel (7) számoltam ki:

$$\eta_{\text{keverék, számított}} = 5,3 \cdot n_{\text{etanol}} \cdot \eta_{\text{etanol}} + 0,5 \cdot n_{\text{biodízel}} \cdot \eta_{\text{biodízel}} + n_{\text{gázolaj}} \cdot \eta_{\text{gázolaj}} \quad (7)$$

ahol,

$\eta_{\text{keverék, számított}}$  – adott összetételű ( $n_{\text{biodízel}} : n_{\text{etanol}} : n_{\text{gázolaj}}$ ) keverék számított kinematikai viszkozitása

$n_{\text{biodízel}}$  – biodízel részaránya a keverékben

$\eta_{\text{biodízel}}$  – a biodízel mért viszkozitása

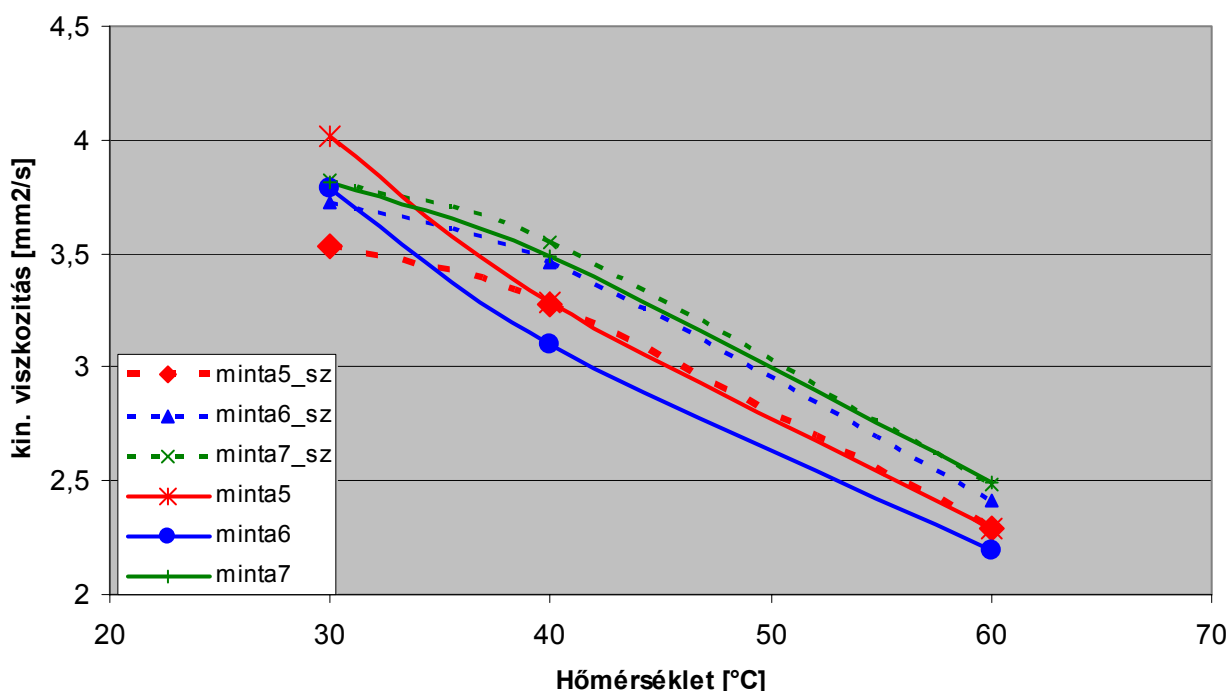
$n_{\text{etanol}}$  – etanol részaránya a keverékben

$\eta_{\text{etanol}}$  – etanol mért viszkozitása

$n_{\text{gázolaj}}$  – gázolaj részaránya a keverékben

$\eta_{\text{gázolaj}}$  – gázolaj mért viszkozitása

Ennek és a mért értékeknek az összevetését mutatja be a 4. diagram, mely alapján a fenti közelítés az, amely leginkább közelíti a későbbi mérési eredményeket.



4. diagram. Mért és számított értékek összehasonlítása

A tapasztalati képlet használható a 40 °C fölötti vizsgált tartományban, ahol a minta5 és minta7 eredményei az elfogadható 2%-os hibahatáron belül vannak. A minta6 mérési eredményeit jellegében jól közelíti a képlet, azonban a képlet által számolt érték 10%-val meghaladja a mért értéket. Ennek oka az lehet, hogy a mérés pontatlanságában is kereshető, mert a minta6 mérései olyan kapillárisokban történtek, ahol nagyon gyors volt az átfolyás, s így rövid az idő. Rövidebb időnél ugyanakkorra kezdési és befejezési pontatlanság nagyobb százalékos eltérést okoz.

## Összegzés

Összesítve a mérések eredményeit a következő megállapítások tehetők:

A mért tüzelőanyag-keverékek viszkozitás értékei megváltoznak etanol és biodízel hozzákeverése esetén. A keverékek viszkozitásának változása közelíthető a bemutatott közelítéssel.

Alkalmazásukkal 5-15% gázolaj váltható ki, ez pedig hozzájárul a mezőgazdasági munkahelyek megőrzéséhez, a piac stabilizáláshoz és ezáltal a gazdálkodók helyzetének javításához. A megújuló hajtóanyagok ilyen formán való alkalmazása pedig segíti az EU előírások teljesítését is.

Mindhárom tüzelőanyag keverék teljesíti a 40°C-on gázolajra előírt szabványt, vagyis viszkozitás szempontjából alkalmas arra, belsőégésű motorokban, mint gázolaj jellegű tüzelőanyag elégetésre kerüljön. Mindezek mellett a befecskendezési kép esetleges változásainak megvizsgálására további mérések szükségesek speciális próbapadon. További vizsgálat tárgyát kell képezze a keverék hőmérséklet-emelésének hatása az ég folyamatra és az emissziókra.

## Irodalom

1 – Dezsényi Gy. – Emőd I. – Finichiu L.: *Belsőégésű motorok tervezése és vizsgálata*, 106-107, Tankönyvkiadó vállalat, 1989

2 – Emőd István, Füle Miklós, Tánczos Katalin, Zöldy Máté: *A bioetanol magyarországi bevezetésének műszaki, gazdasági és környezetvédelmi feltételei*, Magyar Tudomány 2005/3 pp 278-287

3- Laza, Penninger: *Repceolaj, valamint repceolaj és metanol keverékének párolgási tulajdonságai és viszkozitása*. Energiagazdálkodás, Budapest (2005.)